

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-196424

(43)Date of publication of application : 28.07.1998

(51)Int.Cl.

F02D 15/04

F02B 23/00

F02B 23/02

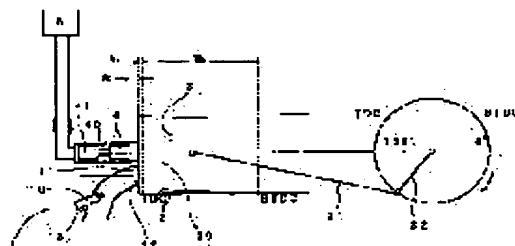
(21)Application number : 08-358142

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES &amp; DEV LAB INC

(22)Date of filing : 28.12.1996

(72)Inventor : OSHIMA YUJIRO  
NAKANO MICHITAKA  
YAMAZAKI SATORU  
MANDOKORO YOSHIYUKI**(54) COMPRESSION IGNITION TYPE COMBUSTION METHOD FOR AIR-FUEL MIXTURE, AND COMPRESSION IGNITION TYPE PISTON INTERNAL COMBUSTION ENGINE FOR AIR-FUEL MIXTURE**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent excessive early ignition and misfire by controlling timing of self-ignition of air-fuel mixture.**SOLUTION:** A compression ignition type piston internal combustion engine for air-fuel mixture is composed of a mixing means 1 for fuel and air, a piston 3 to be reciprocated in a cylinder 2 and for compressing air-fuel mixture to the high temperature just before self-ignition, and a control piston 4 as an auxiliary compressing means for additionally compressing air-fuel mixture compressed by decreasing the total clearance capacity for forming a combustion chamber near the top dead center, for transitionally increasing the temperature of air-fuel mixture, and for self-igniting air-fuel mixture all together.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.10.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-196424

(43)公開日 平成10年(1998) 7 月28日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

F 0 2 D 15/04

F 0 2 D 15/04

E

F 0 2 B 23/00

F 0 2 B 23/00

P

23/02

23/02

U

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平8-358142

(22)出願日 平成 8 年(1996)12月28日

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の 1

(72)発明者 大島 雄次郎

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の 1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 中野 道王

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の 1 株式会社豊田中央研究所内

(74)代理人 弁理士 ▲高▼橋 克彦

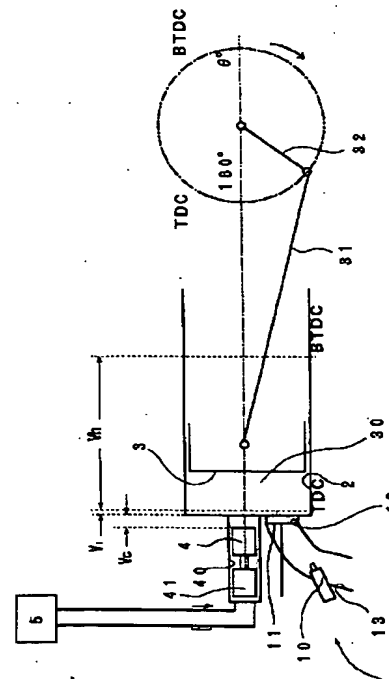
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 混合気の圧縮着火式燃焼方法および混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関

(57)【要約】

【課題】 混合気の自着火のタイミングを制御して、過早着火および失火を防止すること。

【解決手段】 燃料と空気の混合手段 1 と、シリンダー 2 内を往復動し、混合気を自着火寸前の高温に至るまで圧縮するピストン 3 と、上死点付近において燃焼室を形成する全隙間容積を減少させることにより圧縮された前記混合気を付加的に圧縮して、該混合気の温度を過渡的に上昇させることにより、前記混合気を一斉に自着火させる補助圧縮手段としてのコントロールピストン 4 とから成る混合気の圧縮着火式燃焼方法および混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 上死点前では自着火を起こさないようにピストンにより圧縮されるシリンダー内の可燃混合気に対して、上死点付近で該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで該可燃混合気の一斉自着火を発生させることを特徴とする混合気の圧縮着火式燃焼方法。

【請求項 2】 シリンダー内を往復動するピストンにより、該シリンダー内の可燃混合気を上死点前では自着火を起こさないように圧縮する内燃機関において、任意の時期に該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで、該シリンダー内の該可燃混合気を一斉自着火させることを特徴とする混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、上死点前では自着火を起こさないようにピストンにより圧縮されたシリンダー内の可燃混合気に対して、上死点付近で該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで該可燃混合気の一斉自着火を発生させる混合気の圧縮着火式燃焼方法、および混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関に関する。

**【0002】**

【従来の技術】現在のピストン内燃機関において、ディーゼル機関（特に燃焼室内に直接燃料を噴射する直噴式ディーゼル機関）は、最も高い熱効率を有する。しかし、該ディーゼル機関の排気は、希薄燃焼による過剰な酸素と少ない未燃炭化水素という特徴を有するために、火花点火式ガソリン機関の三元触媒に見られるような浄化率の高い排気処理手法の開発が見いだされないまま、今日に至っている。NO<sub>x</sub> は、該ディーゼル機関から排出され、その処理が難しいとされる物質の一つである。

【0003】近年、従来のディーゼル機関の熱効率を損なうことなく NO<sub>x</sub> の排出量を 1/10～1/20 程度減少させることができるエンジンとして、圧縮着火式ピストン内燃機関が研究されている。例えば、自動車技術会、学術講演会前刷集 No. 951（1995 年 5 月）に掲載された『ガソリン予混合圧縮点火エンジンの研究』や、日本機械学会、第 73 回全国大会講演論文集（III）、No. 95-10（1995 年 9 月）に掲載された『早期燃料噴射による希薄予混合気ディーゼル燃焼の排出物特性』は、いずれもシリンダー中の混合気を圧縮し、高温雰囲気で一斉自着火させるものであって、図 13 および図 14 に示すように、NO<sub>x</sub> を従来の 1/10～1/20 に低減できると報告されている。

【0004】この種のエンジンの実用例としては、1950 年代に自転車用補助エンジンとして市販されたローマン（Lohman）500 がある。このエンジンは、圧縮比可変機関で、圧縮比を 15～80 程度に変化できる。圧縮比の制御

は運転者が運転条件に応じて調整するようになっていた。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】前記ディーゼル機関や前記圧縮着火式ピストン内燃機関は、原則的には燃料供給量の増減により出力を制御するものであり、これによる少ないポンプ損失が高い熱効率を得られる一因となっている。しかし、前記圧縮着火式ピストン内燃機関では、供給する燃料量の違い、つまり混合気の空燃比の違いが着火時期に影響するために、最適な着火時期が得られる空燃比の範囲は狭く、それ以外では過早着火や失火を来す。

【0006】前記圧縮着火式ピストン内燃機関において過早着火や失火を防ぐことは、つまり着火時期を任意に制御するとこにほかならない。この手段としては、従来より、圧縮比可変機構の使用、吸入空気温度の制御、EGR（排気ガス再循環）量の制御や燃料組成の制御などのアイデアがある。これらは、いずれも着火時期を変化させる有効な手段であるが、同時にこれら全ての手段は着火時期の制御において同じ欠点を有する。その欠点は、着火時期を変化させる要因の制御が圧縮開始前または混合気が準備される時点までに完了されることである。そのため、これらの制御手段は、制御手段の実行の後、混合気がピストンによる圧縮作用を受けて高温・高圧状態へと導かれる期間においては、いわば成り行きで着火を待つことになる。ここで、混合気がピストンによる圧縮作用を受けはじめる時点から着火するまでの期間を着火準備期間と定義する。

【0007】フィードバック制御系や学習制御など制御量と制御結果の比較を必要とするシステムを併用せずに前記の着火制御手段を用いて任意の着火時期を得ようとする場合、着火準備期間の長さを予め知らなければならぬ。つまり、ピストンにより圧縮される前の混合気が、その後のピストンによる圧縮を受けた結果いつ着火するのかを知らなければならぬ。しかし、ある温度および圧力におかれた混合気がピストンにより連続的に圧縮されて着火に至るまでの時間を簡単な数式を用いて表現することはできない。

【0008】可燃混合気の着火準備期間の長さを支配する要因は、混合気の組成、温度の時間履歴、圧力の時間履歴の 3 つである。エンジンの場合、混合気の組成は、①燃料の種類、②空燃比、③残留ガス割合、④EGR 量（排気ガス再循環装置による排気ガスの再吸入量）、⑤湿度などにより主に決定される。また温度と圧力の時間履歴は、①混合気の組成、②圧縮開始時期における温度と圧力、③エンジンのディメンション（ストロークや圧縮比など）、④回転数、⑤冷却水温度、⑥潤滑油温度などによって主に決定される。つまり、上記の全ての要因が、圧縮着火式ピストン内燃機関の着火準備期間の長さに影響を及ぼすのであり、着火準備期間の長さをどれか

一つの要因の関数として考えることはできない。

【0009】このような着火準備期間を決める要因の複雑さより、圧縮着火式ピストン内燃機関において、任意の時期に着火を発生させることは容易ではなく、前記研究例においても着火時期の制御が課題として残されている。

【0010】圧縮着火式ピストン内燃機関では、失火を起こしやすいことも重要な課題である。本発明者らの実験では、750回転において、吸入空気温度を25℃低下させるだけで失火に至る場合があることが確認された。

【0011】前記ローマン (Lohman) 500 は、圧縮比に対して着火時期の変化が敏感であり、市販されたものの広く普及するには至らなかった経緯があり、圧縮着火式ピストン内燃機関の着火時期制御が容易でないことを示している。

【0012】圧縮着火式ピストン内燃機関は、適切な着火時期が得られる運転条件の幅が狭いことが特徴である。たとえば上記のように、着火時期は圧縮比や吸入空気温度に対して非常に敏感である。これは、回転数や負荷の過渡的変動および始動時において、フィードバック制御系や学習制御による着火時期制御装置に対して幅広い制御を応答性よく実施することを要求する。

【0013】本発明者らの実験によれば、例えば1000回転から3000回転の間で当量比を0.2～1.0まで変化させすべての条件で上死点での着火を得るためには、吸入空気温度を150℃以上変化させなければならないことが明かとなった。このように広い温度の条件を負荷や回転数の変化に応じて制御することが容易ではないことは明白である。

【0014】上記より、圧縮着火式ピストン内燃機関の有する高い熱効率と低いNOx排出特性を実用に供するためには、過早着火や失火を防ぎ、従来のディーゼル機関や火花点火式機関のように任意の時期に燃焼させることが必要不可欠であり、そのためには前記制御手段（圧縮比可変機構の使用、吸入空気温度の制御、EGR量の制御、燃料組成の制御）と比較してより確実な手段を必要とする。

【0015】本発明者らは、上記技術背景に基づき、混合気の圧縮着火式燃焼を実用に供するためには以下の技術開発が必要であるとの結論に達した。

(1) 混合気を着火させるための着火手段は、該着火手段が実行された結果として確実に上死点付近において自着火を誘発できるものでなければならず、容易に失火に至るような可能性を有するものであってはならない。

【0016】(2) 前記の確実に上死点付近において自着火を誘発できる着火手段は、何らかの制御手段により着火時期を制御することが容易なものでなければならぬ。

【0017】(3) 前記の着火手段を用いて、着火時

期を制御する制御装置が構成されなければならない。

【0018】本発明者らは、上記三条件を満たす着火手段および制御装置を検討するに際し、混合気の圧縮着火式燃焼方法における着火時期に及ぼす種々の要因を素反応モデルを用いて検討し、これより得られた知見の正当性を実機により確認した。

【0019】本発明の検討段階で用いられた素反応モデルは、米国ロウレンス リバーモアナショナル ラボラトリ (Lawrence Livermore National Laboratory) の研究者ウエストブルック (C. K. Westbrook) とピッツ (W. J. Pitz) により開発された炭素数8以下の飽和炭化水素の素反応モデルを基に、本発明者らが急速圧縮装置による着火遅れ時間との検証を行い改良を加えたものである。

【0020】本発明者らは、該素反応モデルを用いて、混合気の圧縮着火式燃焼方法についてあらゆる角度から検討を加え、その結果、ピストンによる圧縮は、それだけでは混合気を着火させない圧縮比にとどめ、上死点付近の任意の時期に10～300Kの温度上昇を混合気の着火補助として加えることで一斉自着火に導くことが必要であるとの結論を得た。

【0021】すなわち本発明者らは、シリンダー内の混合気を上死点前では自着火を起こさないようにピストンにより圧縮し、上死点付近において該混合気に加法的な温度上昇を与えることで、該混合気の一斉自着火を誘発するという本発明の技術的思想に着目し、さらに研究開発を重ねた結果、圧縮着火式燃焼において混合気の着火時期を制御して過早着火および失火を防止するという目的を達成する本発明に到達した。なお、本発明において、自着火を起こすか否かは、厳密には自着火にともなう発熱の90%以上が完了した状態をもって判定される。つまり、上死点前では自着火を起こさないという表現は、上死点までの発熱が90%未満であることを意味しており、自着火による温度上昇の開始時期を示すものではないことに留意されたい。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明（請求項1に記載された第1発明）の混合気の圧縮着火式燃焼方法は、上死点前では自着火を起こさないようにピストンにより圧縮されるシリンダー内の可燃混合気に対して、上死点付近で該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで該可燃混合気の一斉自着火を発生させるものである。

【0023】本発明（請求項2に記載された第2発明）の圧縮着火式ピストン内燃機関は、シリンダー内を往復動するピストンにより、該シリンダー内の可燃混合気を上死点前では自着火を起こさないように圧縮する機関において、任意の時期に該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで、該シリンダー内の該可燃混合気を一斉自着火させるものである。

【0024】また、本発明のその他の発明（第3発明）の圧縮着火式ピストン内燃機関は、一組のクランク-コネクティングロッドでその変位が表現されるピストンによりシリンダー内の可燃混合気を上死点前では自着火を起こさないように圧縮する機関において、該ピストンの変位による体積変化とは異なる付加的な体積変化を与える補助圧縮手段により、任意の時期に該可燃混合気を付加的に圧縮し、これによる温度上昇により該可燃混合気を一斉自着火させるものである。

【0025】さらに、本発明のその他の発明（第4発明）の圧縮着火燃焼における着火時期制御装置は、前記請求項1の混合気の圧縮着火式燃焼方法および前記請求項2および第3発明の圧縮着火式ピストン内燃機関において、混合気の着火時期を検出するセンサと、該センサからの出力および空燃比、燃料供給量、スロットル弁開度、EGR弁開度、吸入空気量、吸入空気温度、冷却水温度、潤滑油温度、圧縮中の混合気温度、回転数、付加的な温度上昇を与える手段の動作状態を検出するセンサからの出力の全てまたは一部を用いて、付加的な温度上昇を与える時期およびその量を制御するものである。

【0026】上記第1発明、第2発明、第3発明の技術的思想を実現する方法には、以下に述べるものがある。

（1）上死点隙間容積の5～70%の行程体積を有する小型のコントロールピストンを燃焼室上部に設け、適当な時期に該コントロールピストンによる追加圧縮を行い、混合気の温度を上昇させ一斉自着火を発生させる。

【0027】（2）ピストンの変位を、一組のクランクとコネクティングロッドによる変位とは別に可動させる機構により、上死点隙間容積の5～70%に相当する体積を適当な時期に追加圧縮することで、混合気の温度を上昇させ一斉自着火を発生させる。

【0028】（3）燃焼室を二つ以上に分割し（例えば副室の設置）、上死点においてピストン頂面に接する主燃焼室と該主燃焼室以外の燃焼室の間に開閉可能な仕切（例えば傘形バルブ）を設置する。上死点付近で該仕切を閉じることにより上死点隙間容積の減少を計り、圧縮圧力を高めることで混合気の温度を上昇させ一斉自着火を発生させる。

【0029】（4）混合気の一部を火花点火する、又は着火油を混合気中に噴射し、この燃焼により混合気全体の圧力を高め、混合気の温度を上昇させ、前記燃焼に寄与しなかった混合気の一斉自着火を発生させる。

【0030】上記（1）の方法は、コントロールピストンの作動時期を調節することで、任意の時期に着火させることが可能であり、また該コントロールピストンが混合気を圧縮した仕事は、該混合気が膨張する際にピストンに対して行う仕事としてその一部を回収することもできる。

【0031】上記（2）の方法は、適当な時期にピストンの変位を一組のクランクとコネクティングロッドで規

制される変位とは別に駆動し、燃焼室容積を減少させ、圧縮圧力を高めて温度上昇を計り、一斉自着火させるもので、この時期を調節することにより着火時期を任意の制御することが可能となる。

【0032】上記（3）の方法は、複数の燃焼室の間に設けられた仕切を開閉させる時期を調節することで、上死点においてピストンに接する燃焼室内の混合気の量を変化させ、これにより圧縮圧力を調節し着火時期を制御するものであり、制御に必要な量であることから少ない駆動力で制御が可能となる。ただし、燃焼室形状が複雑になることにより熱損失が増大し、効率低下を来す要因がある。また、主燃焼室以外の燃焼室内の混合気を燃焼させる時期によっては、燃焼期間を延長したことと同様の影響を生じ、等容度の低下による効率悪化を招く要因がある。

【0033】上記（4）の方法は、上記第1発明、第2発明の技術的思想を実現する方法であり、一部の混合気が、ディーゼル機関で見られる噴霧燃焼や火花点火式機関で見られる火炎伝播燃焼により燃焼し、該燃焼による圧力上昇により残りの混合気の温度上昇を計り、これを一斉自着火させるものである。ただし、着火しにくい混合気に対しては、相対的に多くの燃料を前記噴霧燃焼または前記火炎伝播燃焼に充当する必要がある、NOx低減の効果を減少させる要因となる。

【0034】上記第4発明は、上記第1発明、第2発明、第3発明において、着火時期を任意に制御するために、混合気の着火時期を検出するセンサと、該センサからの出力および空燃比、燃料供給量、スロットル弁開度、EGR弁開度、吸入空気量、吸入空気温度、冷却水温度、潤滑油温度、圧縮中の混合気温度、回転数、付加的な温度上昇を与える動作状態を検出するセンサからの出力の全てまたは一部を用いて、付加的な温度上昇を与える時期およびその量を制御する制御装置を構成し、着火時期を任意に制御するものである。

【0035】（作用）上記構成よりなる第1発明の混合気の圧縮着火式燃焼方法は、上死点前では自着火を起こさないようにピストンにより圧縮されるシリンダー内の可燃混合気に対して、上死点付近で該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで該可燃混合気の一斉自着火を発生させるものである。

【0036】上記構成よりなる第2発明の混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、シリンダー内を往復動するピストンにより、該シリンダー内の可燃混合気を上死点前では自着火を起こさないように圧縮する機関において、任意の時期に該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで、該シリンダー内の該可燃混合気を一斉自着火させるものである。

【0037】上記構成よりなる第3発明の混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、一組のクランク-コネクティングロッドでその変位が表現されるピストンによりシ

リンダー内の可燃混合気を上死点前では自着火を起こさないように圧縮する機関において、該ピストンの変位による体積変化とは異なる付加的な体積変化を与える補助圧縮手段により、任意の時期に該可燃混合気を付加的に圧縮し、これによる温度上昇により該可燃混合気を一斉自着火させるものである。

【0038】上記構成よりなる第4発明の混合気の圧縮着火式燃焼方法における着火時期制御装置は、上記第1発明、第2発明、第3発明における着火手法を、混合気の着火時期を検出するセンサと、該センサからの出力および空燃比、燃料供給量、スロットル弁開度、EGR弁開度、吸入空気量、吸入空気温度、冷却水温度、潤滑油温度、圧縮中の混合気温度、回転数、付加的な温度上昇を与える手段の動作状態を検出するセンサからの出力の全てまたは一部を用いて、付加的な温度上昇を与える時期およびその量を制御し、着火時期を任意に制御するものである。

【0039】

【発明の効果】上記作用を奏する第1発明の混合気の圧縮着火式燃焼方法は、上死点前では自着火を起こさないようにピストンにより圧縮されるシリンダー内の可燃混合気に対して、上死点付近で該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで該可燃混合気の一斉自着火を発生させ、かつ前記付加的な温度上昇を与える時期を調節することにより、該可燃混合気の着火時期を調節し、過早着火および失火を防止する効果を奏する。

【0040】上記作用を奏する第2発明の混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、シリンダー内を往復動するピストンにより、該シリンダー内の可燃混合気を上死点前では自着火を起こさないように圧縮する機関において、任意の時期に該可燃混合気に対してさらなる付加的な温度上昇を与えることで該可燃混合気の一斉自着火を発生させ、かつ前記付加的な温度上昇を与える時期を調節することにより、該シリンダー内の該可燃混合気が自着火する時期を調節し、過早着火および失火を防止する効果を奏する。

【0041】上記作用を有する第3発明の混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、一組のクランク-コネクティングロッドでその変位が表現されるピストンによりシリンダー内の可燃混合気を上死点前では自着火を起こさないように圧縮する機関において、該ピストンの変位による体積変化とは異なる付加的な体積変化を与える補助圧縮手段により、任意の時期に該可燃混合気を付加的に圧縮し、これによる温度上昇により該可燃混合気を一斉自着火させ、かつ前記付加的な圧縮を与える時期を調節することにより、過早着火および失火を防止する効果を奏する。

【0042】上記構成よりなる第4発明の混合気の圧縮着火式燃焼方法における着火時期制御装置は、上記第1

発明、第2発明、第3発明における着火手法を、混合気の着火時期を検出するセンサと、該センサからの出力および空燃比、燃料供給量、スロットル弁開度、EGR弁開度、吸入空気量、吸入空気温度、冷却水温度、潤滑油温度、圧縮中の混合気温度、回転数、付加的な温度上昇を与える手段の動作状態を検出するセンサからの出力の全てまたは一部を用いて、付加的な温度上昇を与える時期およびその量を制御し、着火時期を任意に制御可能とするもので、あらゆる運転条件において過早着火および失火を防止し、熱効率および排気ガス中の未燃炭化水素、窒素酸化物、一酸化炭素などの有害物質削減にとって最適な着火時期に制御する効果を奏する。

【0043】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について、以下図面に基づいて説明する。

【0044】（第1実施形態）本第1実施形態の混合気の圧縮着火式燃焼方法および混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、図1ないし図4に示すように燃料と空気を混合する混合手段1と、前記混合手段1から混合気が供給されるシリンダー2内を往復動し、混合気を自着火寸前の高温に至るまで圧縮するピストン3と、上死点付近において燃焼室の容積を減少させることにより、圧縮された前記混合気を付加的に圧縮して、該混合気の温度を過渡的に上昇させることにより、前記混合気を一斉に自着火させる補助圧縮手段としてのコントロールピストン4とから成るものである。

【0045】前記混合手段1は、図1および図2に示されるように、給気通路13内に供給された吸入空気が前記シリンダー2内に吸入され吸気弁11が配設される給気ポートの吸入孔12付近に燃料を噴射する燃料噴射弁10によって構成され、吸入された空気と燃料を混合して、混合気として前記シリンダー2内に供給するように構成されている。

【0046】前記シリンダー2は、図1および図2に示されるように、ウオータジャケット内を循環する冷却水によって冷却され、コネクティングロッド31を介してクランク32に連結した前記ピストン3が介挿され、往復動するように構成されている。

【0047】前記コントロールピストン4は、図1ないし図3に示されるように、シリンダーヘッドに上下方向に形成された油圧シリンダー40内に介挿された筒状体によって構成されロッドによって油圧ピストン41に一体的に連結されている。

【0048】油圧供給装置5は、図3に示されるように、オイルタンク50に連通し、油圧を供給する油圧ポンプ51と、該油圧ポンプ51からの油圧を溜めるアキュムレータ52と、該アキュムレータ52によって溜められた油圧の前記油圧シリンダー40への供給を制御する2個の電磁弁53とから成り、該電磁弁53のコントローラ（図示せず）による印加制御によって前記油

圧ピストン 41 の上部に油圧が供給され、図 4 に示されるように圧縮行程における上死点の一定時間前に前記コントロールピストン 4 を下方に移動させ、排気行程から給気行程にかけて前記コントロールピストン 4 を上方に移動させるように制御されるものである。

【0049】前記コントロールピストン 4 は、図 1 に示されるように、圧縮比によって定まる上死点隙間容積  $V_1$  に対して、油圧によって作動する前記コントロールピストン 4 による調整容積  $V_c$  の比は、以下の式で表され、

$$V_c / (V_1 + V_c) \times 100$$

5 ~ 70 % の間に設定される。

【0050】前記上死点全隙間容積  $V_1$  と前記コントロールピストン 4 による調整容積  $V_c$  との比である  $V_c / (V_1 + V_c)$  は、使用する燃料・空気比の範囲およびエンジン回転数の範囲によって定まる。

【0051】図 5 は、前記シリンダー 2 内の混合気のクランク角に応じた温度経過を示している。基準（ベース）圧縮比とは、前記ピストン 3 が上死点全隙間容積  $V_1$  と前記コントロールピストン 4 がリフトする前の容積  $V_c$  との和  $(V_1 + V_c)$  によって示される圧縮比をさし、以下の式で表される。

$$\text{基準圧縮比 } \varepsilon_0 = (V_1 + V_c + V_h) / (V_1 + V_c)$$

【0052】上記数式中  $V_h$  は、ピストン行程体積  $V_c$  は、コントロールピストン作動容積  $V_1$  は、ピストン上死点隙間容積である。

【0053】全圧縮比  $\varepsilon_T$  は、コントロールピストン 4 が作動して  $V_c = 0$  になったときの圧縮比を言い、以下の式で表される。

$$\varepsilon_T = (V_1 + V_c + V_h) / V_1$$

【0054】従って、 $\varepsilon_T > \varepsilon_0$  の関係にある。

【0055】一例を示すと、エンジンの行程体積（シリンダ容積）を 400 cc、 $\varepsilon_0$  を 16 とすると、 $V_c + V_1 = 26.6$  cc

【0056】前記コントロールピストン 4 の調整容積（作動容積） $V_c$  を 13.3 cc とすると、 $V_c / (V_1 + V_c) = 0.5$   $\varepsilon_T = 32.0$  となる。

【0057】本第 1 実施形態（図 2）は、燃料にガソリンを使用するエンジンの例である。エンジンの行程体積は、上述したように 0.4 リットル（1 気筒当たり）であって、基準圧縮比  $\varepsilon_0$  は 14、前記コントロールピストン 4 の調整容積比  $V_c / (V_1 + V_c)$  は 0.5 である。全体圧縮比  $\varepsilon_T$  は 28 になっている。

【0058】上記構成より成る本第 1 実施形態の混合気の圧縮着火式燃焼方法および混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、前記燃料噴射弁 10 によって燃料が吸入行程中に空気絞弁が配設されていない給気通路 13 に連通する吸入孔 12 に向けて噴射される。

【0059】前記コントロールピストン 4 の作動期間は、360°（4 サイクルは 1 サイクル 720°）で、最大進角は作動開始圧縮上死点前 60°、最も遅い作動開始は圧縮上死点后 10° である。

【0060】前記コントロールピストン 4 は、油圧で動作し、前記電磁弁 53 のオンオフ制御によって、前記アキュムレータ 52 に蓄えられている高圧の油を前記油圧シリンダ 40 に供給して、該油圧ピストン 41 を作動させ、燃焼室 30 内の容積を付加的に減少させ、燃焼室 30 内の圧力を高め、燃焼室 30 内の混合気の温度を自着火可能な温度に高めるものであるが、油の供給タイミングのコントロールは、前記電磁弁 53 のオンオフ印加時期を変化させて行う。

【0061】上記作用を奏する本第 1 実施形態の混合気の圧縮着火式燃焼方法および混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、混合気の圧縮着火であって、前記コントロールピストン 4 を作動させ、前記燃焼室 30 内の容積を付加的に減少させ、燃焼室 30 内の圧力を高め、燃焼室 30 内の混合気の温度を自着火可能な温度に高めるので、あたかも火花点火系エンジンの点火時期やディーゼル機関の噴射時期と全く同様に着火時期調整ができるため、過早着火や失火を防ぐことができるという効果を奏する。

【0062】また、本第 1 実施形態の混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、コントローラによって印加制御される前記電磁弁 53 による油圧のオンオフ制御によって、前記コントロールピストン 4 の作動時期および作動期間が制御されるので、必要に応じて任意に制御することができ、フレキシブルであるという効果を奏する。

【0063】（第 2 実施形態）本第 2 実施形態の混合気の圧縮着火式燃焼方法および混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、図 6 ないし図 8 に示すように燃料に軽油を使う混合気ディーゼル機関と言えるものである。燃料噴射弁 10 より燃料は、燃焼室 30 内に噴射する点が前記第 1 実施形態に対する主たる相違点である。

【0064】エンジンの行程体積は 0.33 リットル（1 気筒当たり）である。 $\varepsilon_0$  は 12、 $V_c / (V_1 + V_c)$  は 0.5、 $\varepsilon_T$  は 24 である。

【0065】前記コントロールピストン 4 の作動期間および進角範囲は、前記第 1 実施形態と同じであるが、図 7 および図 8 に示されるように、シリンダヘッドにおける油圧系統が異なる。

【0066】エンジン潤滑用の油圧ラインより供給される油はパワーピストン P に入り、カム軸 C の回転によって（エンジンによってクランク軸の 1/2 の回転数で駆動）パワーピストン P を押し上げる。カム軸は位相を変化できるタイマを経由してエンジンより 1/2 に減速して駆動されている。

【0067】これによって生じた高油圧は、油圧ピストン 41 に導かれ前記コントロールピストン 4 を作動させ



る。コントロールピストン4の作動開始時期の調整は、パーワピストン駆動用カム軸Cのタイマによって行う。

【0068】上記構成および作用を奏する本第2実施形態の混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関は、前記コントロールピストン4を動作させ、燃焼室内の容積を付加的に減少させ、燃焼室30内の圧力を高め、図6に示すように燃焼室30内の混合気の温度を自着火可能な温度に高めるので、着火時期調整が出来るため、過早着火や失火を防ぐことができるという効果を奏する。

【0069】(第3実施形態)次に、第3実施形態(第4発明)の着火時期制御装置の実施例を説明する。第3実施形態は、前記第3発明に基づく混合気の圧縮着火式ピストン内燃機関における着火時期制御装置を示すものである。

【0070】本第3実施形態は、図9ないし図11に示すように着火時期を検出する着火時期検出手段と、運転状態を検出する運転状態検出手段と、コントロールピストン4の動作状態を検出するコントロールピストン動作状態検出手段と、これら検出手段から得られる出力値を用いて最適なコントロールピストン4の動作開始時期および動作量を出力する演算装置と、該演算装置の出力に基づきコントロールピストン4の動作を適正な条件に制御する制御手段とから構成される。

【0071】本第3実施形態における着火時期検出手段は、シリンダー内の混合気圧力を検出する圧力センサーの使用を仮定しているが、これ以外にも温度センサーを用いた燃焼による混合気温度の上昇の検出や、光センサーを用いた燃焼による発光の検出や、イオンプローブによる火炎の検出や、加速度センサを用いた燃焼による振動の検出などで代用することも可能である。

【0072】本第3実施形態における運転状態検出手段は、図9に示すように燃料供給量を検出する燃料供給量検出手段と、スロットル弁開度を検出するスロットル開度検出手段と、EGR弁開度を検出するEGR開度検出手段と、吸入空気量を検出する吸入空気量検出手段と、吸入空気温度を検出する吸入空気温度検出手段と、冷却水温度を検出する冷却水温度検出手段と、潤滑油温度を検出する潤滑油温度検出手段と、回転数を検出する回転数検出手段とから構成されている。

【0073】本第3実施形態におけるコントロールピストン動作状態検出手段は、クランク角に対するコントロールピストンの動作量を検出するコントロールピストン変位置検出手段により構成される。

【0074】コントロールピストンは油圧回路によって駆動され、駆動量、駆動時期、駆動速度は電磁弁により制御される。該電磁弁は、コントローラからの制御信号にしたがって駆動される。コントローラには、着火時期検出装置、コントロールピストン変位置検出装置、回転数検出装置、燃料供給量検出装置、吸入空気量検出装置、スロットル弁開度検出装置、EGR弁開度検出装置、

吸入空気温度検出装置、冷却水温度検出装置、潤滑油温度検出装置の各検出装置からの信号が入力される。

【0075】以下、幾つかの制御の実施例を説明する。

【0076】図10に示すように、コントロールピストンの駆動開始時期をD1とした場合に、着火時期検出装置から得られるシリンダ内圧力が、上死点前における自着火を検出した際には、コントロールピストンの駆動開始時期をD2とすることで、次のサイクルにおける自着火の時期を上死点後に制御することが可能である。

【0077】図11に示すように、コントロールピストンの変位が駆動前の位置X0から駆動後の位置X1になるように設定された運転下において、着火時期検出装置から得られるシリンダ内圧力が、コントロールピストンの駆動終了よりはるかに早く自着火を検出した場合には、駆動後の位置をX2に変更することで自着火発生後のコントロールピストンの不必要な駆動を避けることが可能となる。

【0078】上記構成からなる第3実施形態(第4発明)の着火時期制御装置は、機関始動時において、冷却水温度検出装置と潤滑油温度検出装置からの信号により冷間始動と判断された場合、コントロールピストンの駆動量を最大にし、駆動時期を早めることにより、確実な始動を達成することが可能となる。一方、機関の再始動のように機関各部の温度が高い条件では、コントロールピストンの駆動量を少なめにすることで駆動エネルギーの減少を計る。

【0079】機関の再始動時に冷却水温度検出装置と潤滑油温度検出装置が高い温度を検出しているも、冬期など外気温度が低い条件下では吸入空気温度検出装置の信号をもとに、コントロールピストンの駆動量を多めにすることで失火を防止する。

【0080】シリンダ内の可燃混合気の組成を推定することは適切なコントロールピストンの制御に有効である。回転数検出装置と燃料供給量検出装置と吸入空気量検出装置と吸入空気温度検出装置と冷却水検出装置からの信号によりシリンダ内に導入される空気の量を推定し、該推定空気量と燃料供給量検出装置からの信号により空燃比を推定する。該推定空気量と該推定空燃比に加え、スロットル弁開度検出装置とEGR弁開度検出装置からの信号を加え、混合気の組成を推定する。該推定混合気組成から自着火発生の難易度を判定し、コントロールピストンの最適な制御を行う。例えば、理論混合比に近い混合気であってもEGRを大量に含む場合には自着火は発生しにくいために、コントロールピストン駆動量を多めにする。

【0081】また、本第3実施形態(第4発明)の着火時期制御装置は過渡的な運転条件下においても失火や早期着火の防止に効果を有する。定常運転から減速に移る過渡条件において、回転数が高いにも関わらず空燃比が希薄側に化する際には、コントロールピストン駆動量を

多くすることで失火を防止することが可能である。一方、定常運転から加速に移る過渡条件では、回転数が低い状態で空燃比が理論混合気側に变化するので、コントロールピストン駆動時期を遅らせることで早期着火を防止することが可能となる。

【0082】上記のように、本第3実施形態（第4発明）の着火時期制御装置を用いることで、始動時、定常運転状態、過渡的運転状態を含む全ての運転条件下において、確実な着火と適切な着火時期を得ることが可能である。

【0083】ところで、上記の各実施形態は、説明のために例示したもので、本発明としてはそれらに限定されるものではなく、特許請求の範囲、発明の詳細な説明および図面の記載から当業者が認識することができる本発明の技術的思想に反しない限り、変更および付加が可能である。

【0084】すなわち、上記第1実施形態において一例としてコントロールピストンを油圧によって移動制御し、移動開始点（図5中A点）の調整は電磁弁のON-OFF時期を電気信号によって行う例について説明したが、本発明としてはそれらに限定されるものではなく、図12に示されるようにシリンダーヘッドに配設されたカム55によってバネ56で付勢されたコントロールピストン4を駆動し、カム部の配設位相またはカム軸にタイマー（図示せず）を配設して、移動開始点の調整をする態様を採用することができる。

【0085】上記第3実施形態においては、コントロールピストンの角度変化に基づきカム機構を利用して上部ピストンを上方に移動させる例について説明したが、本発明としてはそれらに限定されるものではなく、油圧回路をコネクティングロッドポンプに設置し、上死点近傍で油圧によりピストン変位を変化させる態様を採用することができる。

【0086】すなわち、油圧を用いたピストン変位の可変機構は、圧縮比可変システム等に見られるように、ピストン上部を油圧により上下させるものに同様のメカニズムがある。従来の圧縮比可変システムが、サイクル毎の圧縮比を変えるために用いられているのに対して、本システムではサイクルの途中、圧縮行程後期からの膨張行程初期の短い期間に、ベースとなる圧縮比から急激に高い圧縮比へと変えるために用いられる。ピストン変位

を油圧システムによって変化させる場合、ピストンを上下させる時期やその量を任意にコントロールすることが容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の混合気圧縮着火式燃焼方法および混合気圧縮着火式ピストン内燃機関の原理を説明するための説明図である。

【図2】本発明の第1実施形態におけるコントロールピストンを示す断面図である。

【図3】本発明の第1実施形態におけるコントロールピストンおよび油圧供給装置を示す油圧回路図である。

【図4】本発明の第1実施形態におけるコントロールピストンのストロークを示す線図である。

【図5】本発明の第1実施形態における燃焼室内の混合気の温度経過を示す線図である。

【図6】本発明における圧縮速度と混合気の温度変化の関係を示す線図である。

【図7】本発明の第2実施形態の混合気圧縮着火式ピストン機関を示す説明図である。

【図8】本発明の第2実施形態におけるコントロールピストンおよび油圧供給装置を示す油圧回路図である。

【図9】本発明の第3実施形態の混合気圧縮着火式ピストン機関の着火時期制御装置を示す概要図である。

【図10】本発明の第3実施形態の着火時期制御装置によるコントロールピストン駆動時期の制御対応を示す線図である。

【図11】本発明の第3実施形態の混合気圧縮着火式ピストン機関の着火時期制御装置によるコントロールピストン駆動量の制御対応を示す線図である。

【図12】本発明のコントロールピストンの駆動機構のその他の態様を示す断面図である。

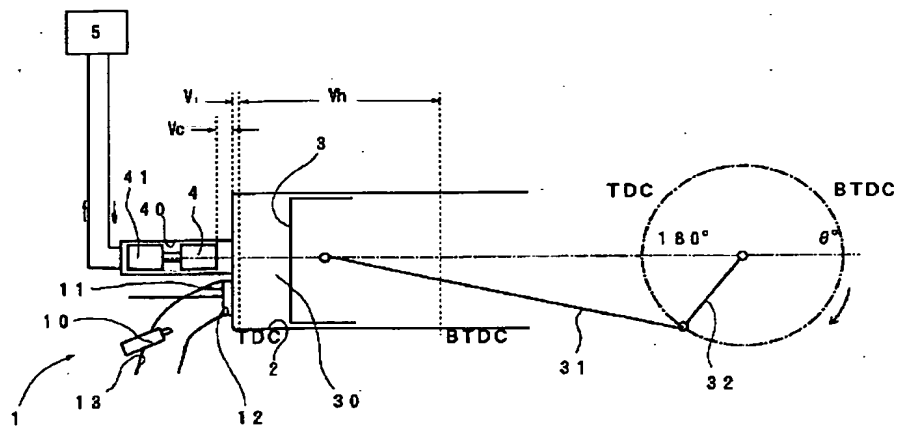
【図13】従来の予混合圧縮着火式エンジンの排気ガス特性を示す線図である。

【図14】従来の予混合圧縮着火式エンジンの入口空気温度と圧力の推移を示す線図である。

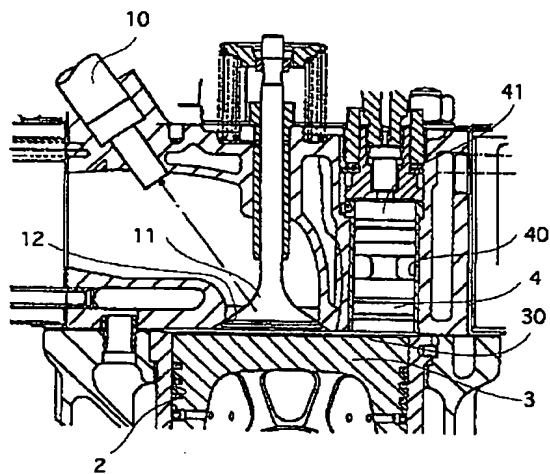
【符号の説明】

- 1 混合手段
- 2 シリンダー
- 3 ピストン
- 4 コントロールピストン

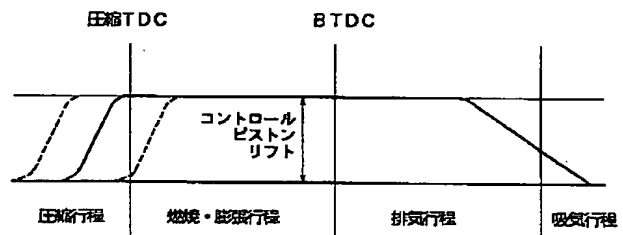
【図1】



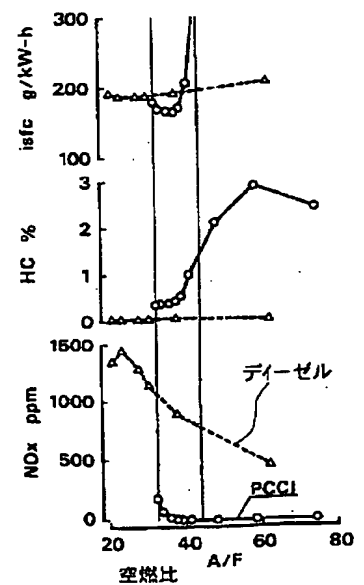
【図2】



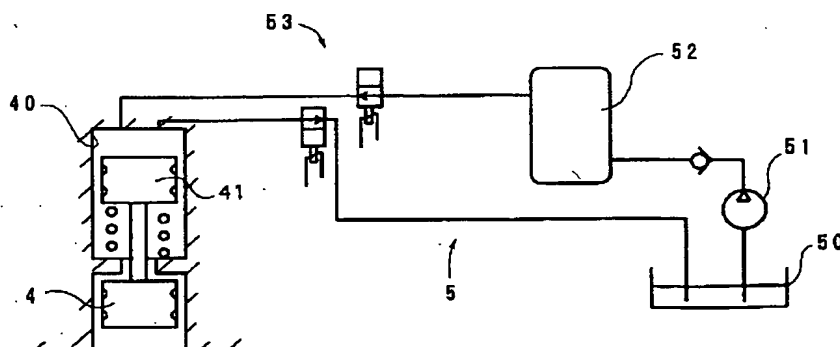
【図4】



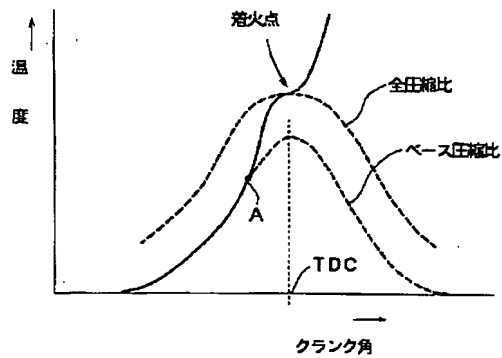
【図13】



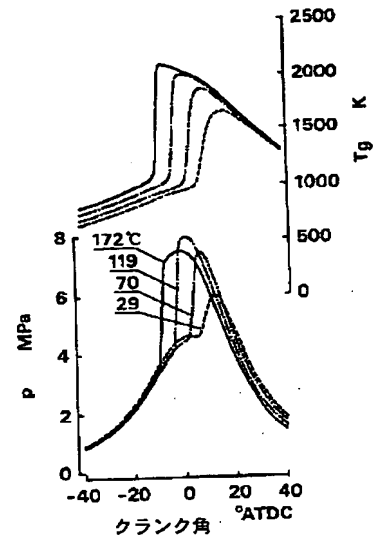
【図3】



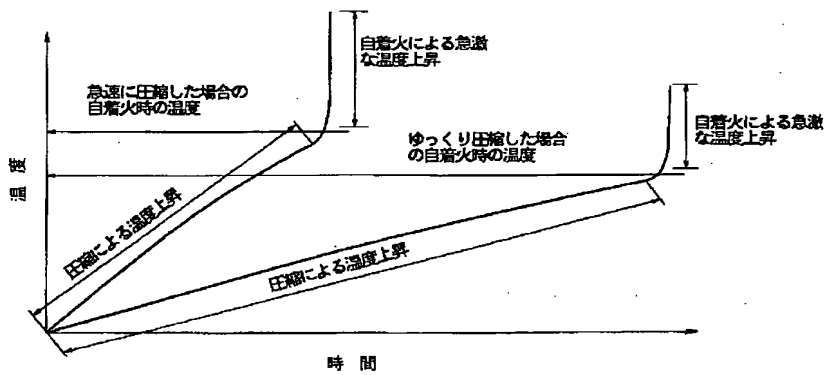
【図5】



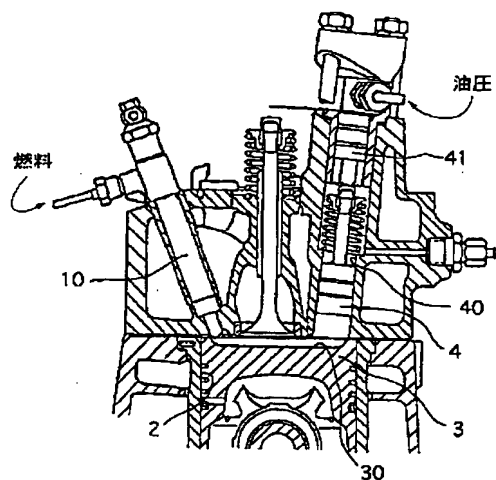
【図14】



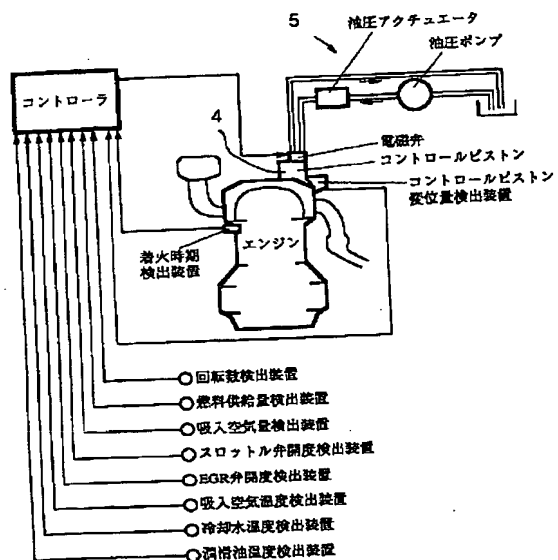
【図6】



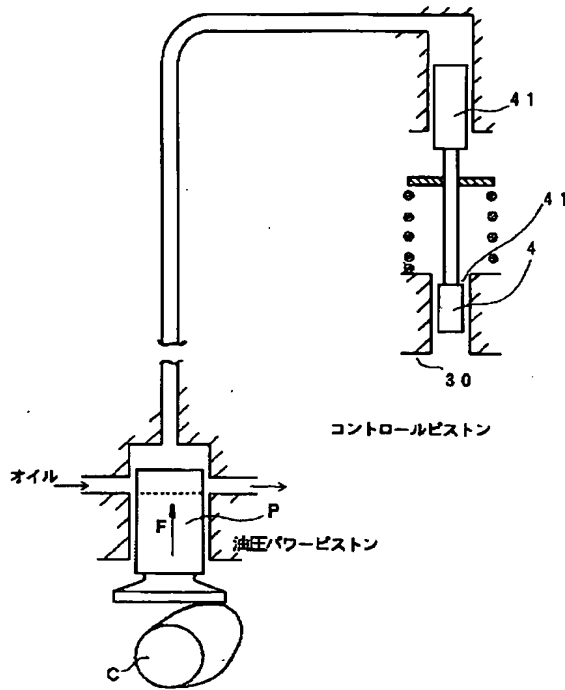
【図7】



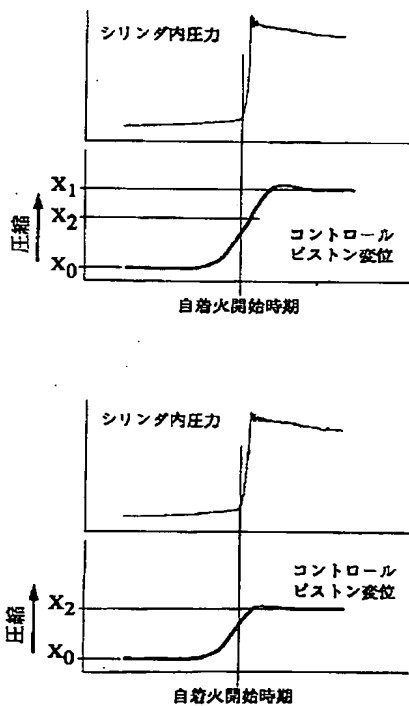
【図9】



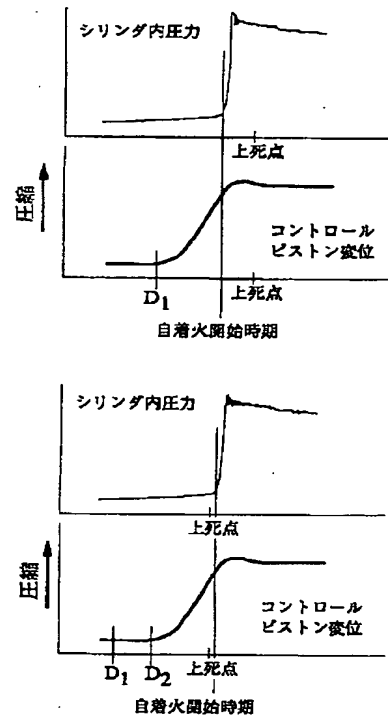
【図 8】



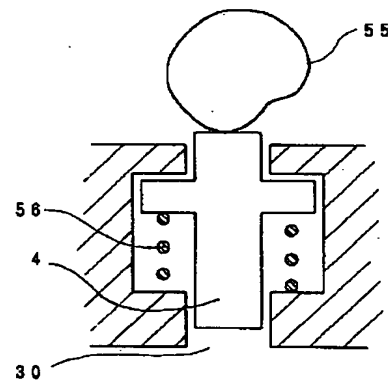
【図 11】



【図 10】



【図 12】



## フロントページの続き

(72) 発明者 山崎 哲

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 政所 良行

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内